RACCORDEMENT D'UNE PRODUCTION DÉCENTRALISÉE SUR LE RÉSEAU HTA
IMPACT SUR LA TRANSMISSION TARIFAIRE

A 1232p1g V1.1

Objet de l'étude :

A Electricité de Strasbourg, le système de diffusion d'ordres tarifaires (pilotage des tarifs jour/nuit par exemple) est basé sur l'envoi d'ondes à 167 et 180 Hz à demi-taux (ajoutée au 50 Hz en plus de l'énergie transmise) sur les réseaux électriques.

Il est largement utilisé pour transmettre les signaux tarifaires par les opérateurs de réseaux vers les clients. Ces ordres tarifaire ou TCC (Télécommande Centralisée) se propagent partout et sont disponibles chez tous les clients.

Toutefois, certaines configurations de raccordement sur le réseau viennent nuire à la bonne transmission de ces ordres tarifaires. Exemples : l'installation de nouveaux producteurs autonomes (éolienne, petit hydraulique, petite turbine à gaz, ...), l'installation de nouveaux équipements (batterie de condensateur, filtre), ...

Des problèmes nombreux et très coûteux sont couramment rencontrés par les exploitants de ces réseaux (atténuation du signal ou au contraire transmission parasite sur des points du réseau où on ne veut pas donner d'ordre TCC). Il s'agit de vérifier que le raccordement de l'installation ne perturbe pas les émissions du signal tarifaire.

Dans la suite du document :

- le terme "signaux tarifaires" sous-entendra "aux fréquences de 167 et 180 Hz"
- le terme "filtre" sous-entendra filtre bi-bande pour les fréquences 167 **et** 180 Hz

Cette étude est à réaliser de manière systématique dès que la somme des puissances nominales des installations de machines tournantes (notamment de production) déjà raccordées ou placées devant l'installation HTA dans la file d'attente (installation à étudier comprise) dépasse 5% de la puissance des n-1 transformateurs HTB/HTA de plus faible puissance dans le poste source.

Hypothèses :

a) Modélisation

a1) Réseau

On étudie la TCC en schéma transformateur HTB/HTA secourant au poste source, ce qui constitue la situation de référence à prendre en compte pour le calcul de seuils amont et aval du taux des signaux de transmission tarifaire. La modélisation du réseau est réalisée avec :

- ce qui est dénommé puissance de court-circuit HTB minimale correspond à la valeur atteinte avec un schéma d'alimentation du poste HTB/HTA en situation peu fréquente quelques semaines par an, c'est à dire pendant au moins 5 % du temps sur une année
- ce qui est dénommé P*max est la somme des contributions des charges HTA à la pointe à température normale toute(s) production(s) décentralisée(s) découplée(s)

En cas d'intégration d'un filtre passif, il faudra vérifier l'efficacité de ce dernier en schéma normal.
L'étude de la TCC en schéma transformateur HTB/HTA secouru au poste source permettra de déterminer les dispositions d'exploitation. Le non maintien d'un taux satisfaisant dans les conditions du transformateur secouru implique un découplage du producteur de ses dispositions particulières sont précisées dans la convention d'exploitation et sont régulièrement reconsidérées

a2) Producteurs

Il est nécessaire de prendre en compte les installations de production dans les calculs :

Avant raccordement :

- Installations à couplage permanent : on prendra en compte toutes les installations de production déjà raccordées avant le 2 mai 1995 (date de publication au *journal officiel* de l'arrêté du 14 avril 1995) en HTA sur le poste source.
  - Installations non équipées de filtre : Toutes ces installations doivent être prises en compte dans cette étude sauf s'il s'agit d'installations à couplage fugitif ou d'installations raccordées dans le poste source en amont de l'injection des signaux tarifaires.
  - Installations équipées d'un filtre passif : Ces installations doivent être prises en compte. Elles doivent être modélisées avec leur filtre passif afin de tenir compte de son effet.
  - Installations équipées d'un filtre actif : Ces installations ne doivent pas être prises en compte. La compensation assurée par les filtres actifs devant être totale.
  - Installations raccordées en amont de l'injecteur TCC : Ces installations ne doivent pas être prises en compte.
- Installations à couplage fugitif : Ces installations ne doivent pas être prises en compte. Compte tenu de la courte durée pendant laquelle celles ci sont couplées au réseau, elles sont considérées sans effet sur le signal tarifaire.

Après raccordement :

- Installations à couplage permanent : on prendra en compte toutes les installations de production déjà raccordées sur le poste source (avant et après le 2 mai 1995), et les installations présentes dans la File d'attente et antérieures à l'installation étudiée. Les autres règles de prise en compte des installations en couplage permanent sont identiques.
- Installations à couplage fugitif : Ces installations ne doivent pas être prises en compte. Compte tenu de la courte durée pendant laquelle celles ci sont couplées au réseau, elles sont considérées sans effet sur le signal tarifaire.

Installations de production non éoliennes :

Machines synchrones :

Cette génératrice alternative est modélisée par une génératrice synchrone en utilisant sa puissance nominale: S_n et la réactance subtransitoire : x''_d avec en amont un transformateur de débit de l'installation.

Machines asynchrones :

Cette génératrice alternative est modélisée par une génératrice asynchrone en utilisant sa puissance nominale: S_n, le rapport I_d/I_n (I_d/I_n et cos φ_d sont calculés à partir des impédances de la modélisation de la machine) et le cos φ_d au démarrage avec en amont un transformateur de débit de l'installation. Si des condensateurs de compensation du réactif absorbé par la machine asynchrone sont prévus aux bornes de la machine, ils sont modélisés. Seuls les gradins de condensateurs en service lorsque l'installation de production fonctionne à faible charge doivent être pris en compte

Installations équipées d'un filtre passif :

L'installation est modélisée comme indiqué ci dessus avec au point de livraison en amont du ou des ensembles machine + transformateur de débit un filtre bouchon. Les paramètres L, R1, C, R2 du filtre sont pris à leur valeur nominale.

Installations de production éoliennes :

La description des familles d'aérogénérateurs est donnée dans le mode d'emploi public des fiches de collecte des sites éoliens.

Aérogénérateurs des familles 2, 3 et 5 :

Cette génératrice alternative est modélisée par une génératrice asynchrone en utilisant sa puissance nominale: S_n, le rapport I_d/I_n (I_d/I_n et cos φ_d doivent être calculés à partir des impédances de la modélisation de la machine) et le cos φ_d au démarrage avec en amont un transformateur de débit de l'installation. Si des condensateurs de compensation du réactif absorbé par la machine asynchrone sont prévus aux bornes de la machine, ils sont modélisés. L'étude modélise chaque aérogénérateur avec ses gradins de condensateurs propres en service au couplage par vent faible.

Pour la famille 3, on réalise l'étude pour les deux machines (la prédiction de la machine ayant le plus fort impact n'est pas possible).

Pour la famille 5, on réalise l'étude avec les caractéristiques propres de la machine, c'est à dire sans tenir compte de l'impédance que peut rajouter le dispositif couplé au rotor.

Le volume de gradins à prendre en compte est :

- pour la machine principale : Total des gradins enclenchés lorsque la machine principale est à vide de la fiche B5,
- pour la machine secondaire : Total des gradins enclenchés lorsque la machine secondaire est à vide de la fiche B5.

Aérogénérateurs de la famille 4 :

Cette génératrice alternative est modélisée par une génératrice asynchrone en utilisant sa puissance nominale: S_n, le rapport I_d/I_n (I_d/I_n et cos φ_d sont calculés à partir des impédances de la modélisation de la machine) et le cos φ_d au démarrage avec en amont un transformateur de débit de l'installation. On modélise chaque aérogénérateur en prenant les caractéristiques de la machine tournante fournies sans les éventuelles gradins de condensateurs. On ne tient pas compte de l'électronique de puissance (qui représente 10% à 20 % de la puissance nominale).

Aérogénérateurs de la famille 6 :

On distingue les onduleurs à commutation forcée, essentiellement à MLI (modulation de largeur d'impulsion avec composants IGBT) et les onduleurs à commutation assistée par le réseau, essentiellement à base de thyristors.

Dans le cas où le producteur fournit les impédances du convertisseur à 167 et 180 Hz, on réalise une étude TCC en modélisant le convertisseur par une impédance R-X série ou parallèle.

A défaut d'informations précises fournies par le producteur sur les impédances du convertisseur à 167 et 180 Hz, on distingue deux cas :

- Les onduleurs à commutation forcée sont considérés avec une impédance infinie. En conséquence, on ne réalise pas d'étude TCC. Si a posteriori il s'avère que les données fournies par le producteur n'étaient pas exactes, celui ci pourrait se voir imposer l'installation d'un filtre. En tout état de cause, le producteur doit prévoir de mettre en œuvre le cas échéant les dispositions nécessaires pour la mise en place d'équipements spécifiques.
- On considère que l'impédance d'un onduleur à commutation assistée par le réseau n'est pas négligeable. Dans ce cas, on réalise une étude TCC en modélisant chaque aérogénérateur par une génératrice alternative, de puissance égale à la puissance nominale de l'aérogénérateur avec un Id/In de 3 et un cos φd de 0,1.

a3) Consommateurs

Les machines tournantes des consommateurs se comportent de la même manière que les machines tournantes des génératrices alternatives d'un point de vue des signaux tarifaires.

Machines synchrones :

Ce moteur alternatif est modélisé par un moteur synchrone en utilisant sa puissance nominale: S_n et la réactance subtransitoire : x''_d avec en amont un transformateur de débit de l'installation.

Machines asynchrones :

Ce moteur alternatif est modélisé par un moteur asynchrone en utilisant sa puissance nominale: S_n S_n, le rapport I_d/I_n (I_d/I_n et cos φ_d sont calculés à partir des impédances de la modélisation de la machine) et le cos φ_d au démarrage avec en amont un transformateur de débit de l'installation. Si des condensateurs de compensation du réactif absorbé par la machine asynchrone sont prévus aux bornes de la machine, ils sont modélisés.

Installations équipées d'un filtre passif :

L'installation est modélisée comme indiqué ci dessus avec au point de livraison en amont du ou des ensembles machine + transformateur de débit un filtre bouchon. Les paramètres L, R1, C, R2 du filtre sont pris à leur valeur nominale.

b) Données d'entrée

Les principales caractéristiques utilisées figurant dans les Fiches de collecte. Dans un deuxième temps, si l'étude conclut à la nécessité de mettre en place un filtre et que le demandeur décide de mettre en place un filtre passif, établir la description de ce filtre selon la fiche de collecte correspondante.

c) Seuils applicables

La méthode consiste à comparer :

- d'une part τ_{aval} (taux du signal tarifaire sur le jeu de barre HTA du poste source les taux du signal tarifaire aval)
  - sans l'installation de production étudiée et sans les installations de production raccordées après le 2 mai 1995 (taux aval avant dans la suite du document)
  - avec l'installation de production étudiée et avec les installations de production raccordées après le 2 mai 1995 (taux aval après dans la suite du document).

d'autre part τ_{amont} (taux du signal tarifaire sur aux bornes HTB du transformateur HTB/HTA du poste source)

  - sans l'installation de production étudiée et sans les installations de production raccordées après le 2 mai 1995 (taux amont avant dans la suite du document)
  - avec l'installation de production étudiée et avec les installations de production raccordées après le 2 mai 1995 (taux amont après dans la suite du document).

Avec une émission à 1,15 % au poste source, pour que le raccordement du producteur sans filtre soit autorisé il faut que :

[τ_{aval} après $\geq$ 0,685 % ou (τ_{aval} avant - τ_{aval} après) $\leq$ 0,015 %]

et

[τ_{amont} après $\leq$ 0,215 % ou (τ_{amont} après - τ_{amont} avant) $\leq$ 0,015 %]

Dans tout autre cas, un filtre est nécessaire.

Détermination de la solution de raccordement

Pour déterminer s'il est nécessaire de demander au producteur d'installer à ses frais un filtre, ces comparaisons sont à faire selon les hypothèses d'étude :

- **le réseau HTB à sa puissance de court circuit minimum,**
- **en schéma transformateur producteur secourant,**
- **sans condensateur au poste (ou seulement ceux sans régulation varmétrique en permanence),**
- **la somme des contributions des charges HTA P*max,**
- **les machines et filtres passifs des sites de production normalement couplés au réseau.**

Si le taux aval et le taux amont restent après raccordement de l'installation de production dans les plages admissibles définies alors il n'est pas nécessaire de demander au producteur d'installer un filtre.

En cas de perturbation du signal tarifaire du fait du raccordement ultérieur d'une installation de production d'un nouveau producteur, ce dernier doit s'engager par le biais de la convention de raccordement, et pour une durée de 6 ans à partir de la date de mise en service :

- à participer au financement d'un filtre et à son installation,
- à réaliser l'installation physique du filtre chez lui si celle-ci s'avère techniquement la plus judicieuse. Il prend en charge l'entretien et le suivi du filtre.

Les participations financières de chaque producteur pour l'installation du filtre seront proportionnelles à l'affaiblissement de signaux qu'ils provoquent en schéma transformateur secourant. Le calcul des affaiblissements se fait en étudiant l'atténuation des signaux tarifaires à partir de l'étude des différents producteur par ordre chronologique de raccordement.

Si le taux aval ou le taux amont ne restent pas après raccordement de l'installation de production dans les plages admissibles définies alors il est nécessaire de demander au producteur de contribuer financièrement à l'installation d'un filtre chez lui ou chez un autre producteur et de réaliser l'installation du filtre si celle-ci se fait chez lui.

Résultats - Choix de l'emplacement d'un filtre et détermination des contributions financières des producteurs à l'installation de ce filtre

Lorsque l'étude détermine la nécessité d'un filtre, les règles à suivre pour son installation et sa prise en charge financière diffèrent suivant que le producteur est ou non le premier raccordé au poste depuis le 2 mai 1995.

- si le producteur n'est pas le premier producteur raccordé dans le poste source après le 2 mai 1995 :
  - le filtre doit être installé chez le producteur qui atténue le plus le signal tarifaire même s'il ne s'agit pas du producteur étudié dans le cadre de sa convention de raccordement (généralement pour une durée de 6 ans à partir de la date de mise en service).
  - le producteur chargé de l'installation du filtre est fondé à demander la participation du producteur étudié et des autres producteurs raccordés après le 2 mai 1995 au financement du filtre, à l'exclusion des producteurs ayant déjà participé au financement d'un filtre ou dont la date de mise en service est dépassée depuis plus de 6 ans. L'atténuation du signal par chaque installation doit être calculée et communiquée aux intéressés pour partage au prorata de l'atténuation du signal tarifaire.
- si le producteur est le premier producteur raccordé dans le poste source après le 2 mai 1995, le filtre doit être installé sur les installations du producteur à ses frais.

a) Calcul de l'effet de chaque producteur sur le signal tarifaire

La détermination des atténuations ou amplifications individuelles est indispensable pour choisir l'emplacement du filtre et établir la répartition de sa prise en charge financière par les producteurs.

Si n producteurs sont concernés par la mise en place du filtre, les n+1 calculs du taux aval suivants doivent être réalisés :

- dans la situation de référence "avant raccordement" : seuls les producteurs en service avant le 2 mai 1995 sont pris en compte,

– à partir de cette situation de référence, on ajoute les producteurs concernés par ordre chronologique de mise en service. L'effet du producteur est la différence entre le taux aval dans la situation avant et après le raccordement individuel de son installation.
– Tout producteur créant une amplification du taux aval est exonéré de participation financière.

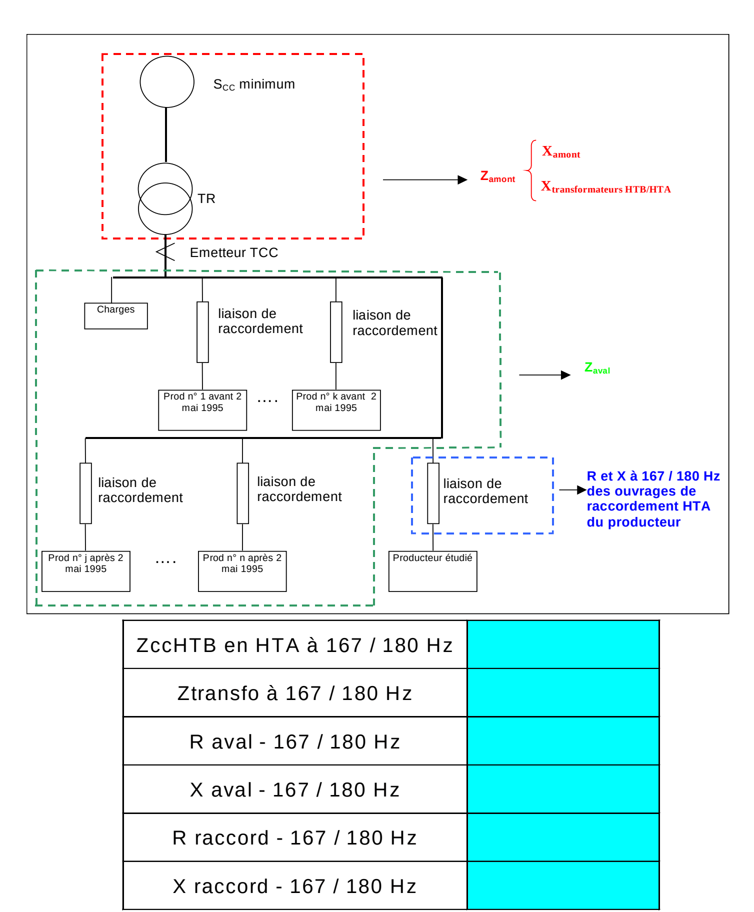
b) Choix du filtre par le producteur devant l’installer

– les caractéristiques du réseau à la fréquence de transmission des signaux tarifaires sont communiquées pour la conception de son filtre.
– il peut être décidé de mettre en œuvre **un filtre actif.** Dans ce cas aucune autre vérification complémentaire n’est à réaliser. Néanmoins, le producteur doit utiliser un filtre autorisé d’emploi et communiquer à l’opérateur de réseau le logiciel de télésurveillance de ce filtre ainsi que les numéros de téléphone et code d’accès correspondant de façon à permettre aux entités chargées de la conduite des réseaux HTA de consulter en temps réel l’état de fonctionnement du filtre.
– il peut être décidé de mettre en œuvre **un filtre passif**. Dans ce cas une validation de son adaptation doit être effectuée. Une définition des caractéristiques du filtre est une opération délicate à partir de caractéristiques du réseau. La définition et la validation du filtre (lorsque cette dernière est possible) doit être réalisée et les résultats transmis au producteur.

Le producteur doit aussi s’engager à :
– faire vérifier chaque année son filtre et à maintenir les procès verbaux de vérification sur le site à disposition de l’opérateur de réseau pour consultation.
– être en permanence en mesure de découpler son installation de production dans les 15 minutes sur appel de l’entité responsable de la conduite des réseaux en cas de problèmes de transmission des signaux tarifaires. A défaut l’installation d’un dispositif d’échange d’information d’exploitation permettant à l’entité responsable de la conduite des réseaux d’émettre un ordre de découplage de l’installation de production doit être demandée.
–

Caractéristiques du réseau à 167 et 180 Hz à fournir au producteur

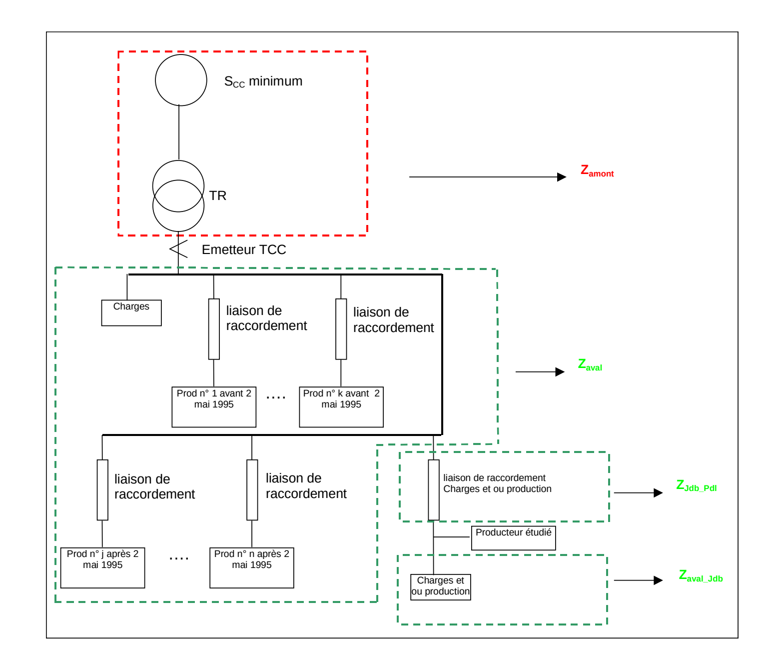
Afin de permettre au producteur de vérifier l’étude et de définir son filtre, les caractéristiques suivantes du réseau en schéma transformateur secourant doivent lui être communiquées pour un raccordement en départ dédié :



ZccHTB en HTA à 167 / 180 Hz	
Ztransfo à 167 / 180 Hz	
R aval - 167 / 180 Hz	
X aval - 167 / 180 Hz	
R raccord - 167 / 180 Hz	
X raccord - 167 / 180 Hz	

- Impédances du réseau amont, exprimées en HTA :
  - X_{amont} à 167 / 180 Hz (réseau HTB Zcc en HTA à 167 / 180 Hz)
  - $X_{transformateurs\ HTB/HTA}$ à 167 /180 Hz ($Z_{transfo}$ à 167 / 180 Hz)
- Impédances du réseau aval Z_{aval} (R_{aval} - 167 / 180 Hz et X_{aval} - 167 / 180 Hz) en dehors de l'impédance équivalente du producteur étudié). Ces impédances sont équivalentes à la mise en parallèle des impédances suivantes :
  - charges du poste source,
  - producteurs qui doivent être pris en compte pour l'étude "après raccordement", avec leurs ouvrages de raccordement et leurs filtres éventuels.
- $R_{raccord}$ et $X_{raccord}$ à 167 et 180 Hz des ouvrages de raccordement HTA du producteur.
-

Remarque : Dans le cas d'un raccordement sur un réseau existant, il est nécessaire de fournir deux impédances supplémentaires :



La première (**Z_{Jdb_Pdl}**) correspond aux impédances équivalentes à 167 et 180 Hz de la liaison de raccordement avec les différentes charges et production sur l'artère HTA se situant entre le JDB et le producteur étudié. La seconde (**Z_{aval_Jdb}**) correspond aux charges et productions en aval du JDB.

Vérification du filtre passif proposé par le producteur

A partir du réseau renseigné pour l'étude après raccordement un filtre bouchon est ajouté dans l'installation du producteur. Les vérifications sont à réaliser dans les conditions schéma transformateur secourant et de schéma normal. De plus, l'étude de la TCC en schéma normal permet de vérifier l'intégration d'un filtre passif.

Conditions de validité du filtre

Pour que le filtre soit accepté, il faut qu'avec tous les jeux de paramètres choisis les conditions ci-dessous soient acceptées:

τ_{aval} après avec filtre $\geq$ 0,685 % ou (τ_{aval} avant - τ_{aval} après avec filtre) $\leq$ 0,015 %

et

τ_{amont} après avec filtre $\leq$ 0,215 % ou (τ_{amont} après avec filtre - τ_{amont} avant) $\leq$ 0,015 %

en schéma normal et transformateur HTB/ HTA secourant, pour chaque fréquence 167 et 180 Hz.